



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 38 03 352.6
22 Anmeldetag: 5. 2. 88
43 Offenlegungstag: 17. 8. 89

Behörden Eigentum

DE 3803352 A1

71 Anmelder:

Kessler & Luch GmbH, 6300 Gießen, DE

74 Vertreter:

Meldau, G., Dipl.-Ing.; Strauß, H., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 4830 Gütersloh

72 Erfinder:

Detzer, Rüdiger, Dr.-Ing., 6305 Buseck, DE; Sames,
Gerrit, Dipl.-Ing., 5120 Herzogenrath, DE

54 Schlitzsonde

Um mit einer Schlitzsonde Proben aus in einer Leitung strömender Luft oder anderen Gasen entnehmen zu können, wobei die Strömung am Ort der Entnahme einen kreisförmigen Querschnitt aufweist, ohne den Aufwand einer Netz-messung betreiben zu müssen, wird ein in der Leitung (1, 1') angeordneter, mindestens deren halben Durchmesser überdeckender Sondenarm (2) vorgeschlagen, der an einer in der Leitung (1) vorgesehenen Welle (3) um 360° schwenkbar und von außen antreibbar befestigt ist, wobei die Achse der Welle (3) mit der Achse der Leitung (1) zusammenfällt, wobei der anströmseitige Teil des Sondenarms (2) einen Strömungskanal (4) bildet, der über einen Anschlußstutzen (4.1) mit einem Ableitkanal (5) verbunden ist und wobei die zuströmseitige Frontseite (6) einen sich längs des Sondenarms (2) erstreckenden Schlitz (7) aufweist.

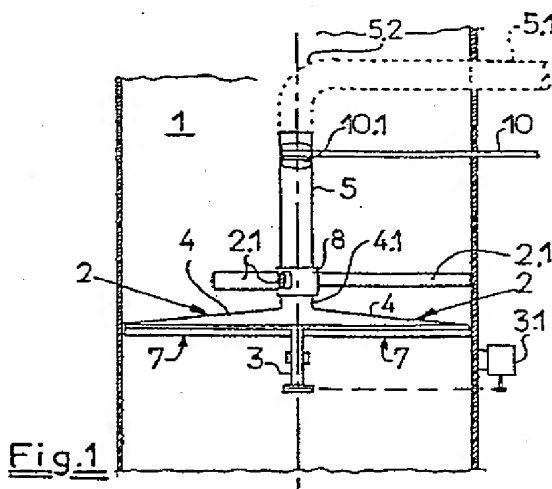


Fig. 1

DE 3803352 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schlitzsonde zur Entnahme von Proben aus in einer Leitung strömender Luft oder anderen Gasen, wobei die Strömung am Ort der Entnahme einen kreisförmigen Querschnitt aufweist.

Um verunreinigende oder andere Bestandteile in einem Luftoder Gasstrom zu messen werden Sonden in die Strömung eingebracht, mit denen Proben entnommen werden. Dabei soll die Probenentnahme derart vor sich gehen, daß die Geschwindigkeit der Luft oder des Gases im Sondenmund gleich der Geschwindigkeit der Strömung an der ungestörten Entnahmestelle ist.

Diese "isokinetische Probennahme" ist bekannt, wobei die rohrförmigen Sonden mit an der Spitze um 90° abgelenktem Entnahmestück radial in die Strömung eingesetzt werden. Um einen Überblick über den gesamten von der Strömung transportierten Anteil an Verunreinigungen oder unerwünschten Bestandteilen zu erhalten, ist — da eine gleichmäßige Verteilung nicht vorausgesetzt werden kann — eine Netzmessung erforderlich, die im einzelnen in einschlägigen Normen geregelt ist. Eine derartige Netzmessung setzt eine genaue Kenntnis der Strömungsverteilung voraus und erfordert, daß die Meßsonde an die einzelnen Meßstellen des Meßnetzes für eine gewisse Zeit gebracht wird, um so die einzelnen Proben an den einzelnen Netzpunkten zu entnehmen. Dabei kommt es bei der Entnahme von Proben, die verunreinigende Gase oder Dämpfe enthalten, auf eine isokinetische Probennahme nicht sehr wesentlich an, gleiches gilt auch für den Fall, daß Aerosole vorhanden sind, deren einzelnes Teilchen kein wesentliches Trägheits-Verhalten mehr zeigen. Ganz allgemein kann gesagt werden, daß bei Partikel-Durchmessern kleiner ein Mikrometer dies gegeben ist.

Von dieser Überlegung ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde eine gattungsgemäße Entnahmesonde derart weiter zu bilden, daß der Querschnitt einer Gasströmung periodisch abgetastet wird ohne den Aufwand einer Netzmessung betreiben zu müssen. Darüber hinaus soll die Schlitzsonde einfach und wirtschaftlich herstellbar und sicher betreibbar sein.

Diese Aufgabe wird durch die im Kennzeichen des Hauptanspruchs angegebenen Merkmale gelöst; Weiterbildungen und vorteilhafte Ausführungsformen beschreiben die Unteransprüche.

Die durch die Lösung gegebene Schlitzsonde ist in eine Leitung beliebigen Querschnitts einbaubar, wobei zum Erzielen einer Strömung am Entnahmeort mit kreisförmigen Querschnitt der Sonde eine Einlaufdüse vorgesetzt wird. Auf diese Weise ist es auch möglich die Sonde in ein Rohr kreisförmigen Querschnitts einzubauen, bei dem der Sondendurchmesser kleiner ist als der Durchmesser der Rohrleitung (oder aber der von einem Sondenarm überstrichene Radius kleiner als der entsprechende Rohrradius). Durch den Antrieb über ihre Welle kann diese Sonden den gesamten Strömungsquerschnitt überstreichen. Dabei versteht es sich von selbst, daß der Entnahmeschlitz bis zum Rand der kreisförmigen Strömung geführt ist. Wird die Sonde in einer Rohrleitung kreisförmigen Querschnitts angeordnet, wird der Entnahmeschlitz bis nahe an die Innenwand des Rohrleitungsmantels auf der einen Seite und bis unmittelbar an die Welle auf der anderen Seite geführt. Dabei spielt der Außenbereich im allgemeinen eine untergeordnete Rolle, da die Strömungsgrenzschicht nahe der Rohrwand einen Abfall der Strömungsgeschwindigkeit bedingt, so daß durch einen äußeren von der Grenz-

schichtdicke gegebenen Kreisring trotz erheblichen Flächenanteils kein wesentlicher Stromanteil fließt. Beim Einbau der Sonde in eine Rohrleitung größeren oder nicht kreisförmigen Querschnitts wird die Sonde in den Abströmbereich einer Einlaufdüse geleitet, wobei der Eintritt in den Entnahmeschlitz unmittelbar hinter der Ausströmebene der Einlaufdüse angeordnet ist. Durch die Strahlbildung kommt es auch hier zu einem steilen Geschwindigkeitsabfall im Randbereich der Strömung, der durch den Innendurchmesser der Einlaufdüse gegeben ist.

Durch die Drehung der Sonde wird bei jeder ihrer Umdrehungen einmal (bei einseitiger) oder zweimal (bei doppelseitiger Sonde) der Strömungsquerschnitt überdeckt und mit jeder Umdrehung wird mindestens einmal aus jedem Strömungsbereich der Strömung eine Probe entnommen. Dadurch kann der Einfluß von Strahlen, in denen Verunreinigungen oder unerwünschte Substanzen angereichert sind eliminiert werden. Die Absaugeschwindigkeit im Schlitz wird dabei vorteilhaft auf eine mittlere Strömungsgeschwindigkeit eingestellt, die bei voll ausgebildetem Strömungsprofil in einer turbulenten Strömung nur geringfügig unter der (über den Querschnitt konstanten) Strömungsgeschwindigkeit liegt. Bei ungleichmäßiger Strömungsverteilung kann die Entnahmegeschwindigkeit an einigen Stellen niedriger sein als die dort herrschende Strömungsgeschwindigkeit, nämlich dort wo eine überhöhte Strömungsgeschwindigkeit auftritt. An anderen Stellen ist sie dagegen höher, so daß zwar die isokinetische Probennahme nicht mehr korrekt eingehalten werden kann. Dies ist jedoch — sieht man von der Bestimmung der Korngrößenverteilung staubförmiger Verunreinigungen ab — nicht sehr bedeutsam; sie ist vor allem dann nicht bedeutsam, wenn es darum geht nachzuweisen, ob eine Verunreinigung überhaupt anfällt.

Ist der Sondenarm so ausgebildet, daß er etwa den halben Durchmesser der Leitung überdeckt, ist es zur Entlastung der Welle zweckmäßig auf der dem Sondenarm abgewandten Seite ein Gegengewicht vorzusehen, dessen Moment das vom Sondenarm gegebene Moment ausgleicht und so bezüglich einer sowohl zur Achse der Welle als auch zur Achse des Sondenarms normalen Achse Gleichgewicht herstellt. Dieses Gegengewicht entfällt, wenn der Sondenarm doppel-seitig ausgebildet ist, da jeder der Sondenarme das entsprechende Gegenmoment für den anderen erzeugt. Es versteht sich von selbst, daß in diesem Fall die Welle in der Mitte des doppelseitigen Sondenarms angeordnet ist und die Achse den Sondenarm mittig durchsetzt.

Die genomene Probe durchströmt den Ableitkanal und kann dort entsprechend der Untersuchungsaufgabe untersucht werden. Dies ist in vielen Fällen bereits ohne aktive Probenentnahme mittels einer Pumpe allein unter der Wirkung des an der Sonde entstehenden Differenzdruckes möglich. Dabei wirkt auf den Sonden-schlitz der Staudruck, während auf die zentrale Abströmöffnung des Abströmkanals ein Druck wirkt, der etwa dem statischen Druck an dieser Stelle entspricht. Die dadurch gegebene Druckdifferenz treibt die Strömung, zumals besonders dann, wenn der Schlitzquerschnitt etwa gleich dem Querschnitt des Ableitkanals ist keine wesentliche Geschwindigkeitsänderung der Probenluft bzw. des Probengases zu bewirken ist. Derartige berührungslose Messungen sind z.B. Überwachung des Staubgehaltes mit Hilfe einer durch Strahlung, z.B. mit Licht, Überwachung auf möglicherweise auftretende gasförmige Verunreinigungen mit den Mitteln der Infrarot-

spektroskopie oder Überwachung auf auftretende Radioaktivitäten mittels entsprechender Strahlungsdetektoren. Zur genaueren Untersuchung kann aus dem Ableitkanal selbst eine weitere Sondennahme erfolgen.

Der die entnommene Luft- bzw. Gasprobe führende 5 Sammel- und Ableitkanal, in den der Entnahmeschlitz mündet und der zweckmäßigerweise in der zentralen Achse geführt und von da aus in axialer Richtung abgeleitet ist, wird, sofern die Aufgabenstellung dies erfordert, radial umgelenkt und zu einer entsprechenden 10 Analysenapparatur mit Vakuumpumpe zum Ansaugen der Probenluft und Strömungs- und Mengenmesser geführt. Da die Weiterführung der Ableitung dann im allgemeinen seitlich aus der Rohrleitung herausgeführt wird und somit notwendigerweise rohrlaufsfest ist, ist eine Drehdichtung vorzusehen, die den sich mit dem 15 Sondenarm drehenden Abgangsstutzen gegenüber dem festen Ableitkanal abdichtet. Da die hier zu überbrückenden Druckdifferenzen keine erheblichen Werte aufweisen, lassen sich derartige Dichtungen in einfacher Weise als Labyrinthdichtung oder Tauchdichtung o. dgl. 20 ausbilden. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Weite des Schlitzes an jeder Stelle des Sondenarmes kleiner als die Breite des Strömungskanals ist. Dadurch tritt in den Strömungskanal ein ebener Strahl ein, der sich mit der 25 dort strömenden Probe der entnommenen Luft (oder anderer Gase) gut vermischen kann, da ein Geschwindigkeitsgradient vorliegt.

Um eine gleichförmige Geschwindigkeit längs des Sondenkanals zu erhalten wird zweckmäßigerweise die 30 Höhe des Sondenkanals so eingerichtet, daß in jeder Stelle der Querschnitt des Sondenarms mindestens gleich ist dem Querschnitt des Entnahmeschlitzes, der von dieser Stelle aus gesehen radial nach außen führt. Durch diese Ausbildung des Strömungskanals wird eine Strömungsbeschleunigung vermieden.

Durch die Wahl des Querschnittsverhältnisses kann dabei die Strömungsgeschwindigkeit so gehalten werden, daß sie von einem Wert geringfügig unter der Entnahmegeschwindigkeit liegend nahezu beliebig abgesenkt werden kann. Im weiteren Verlauf der Strömung der als Probe entnommenen Luft (oder anderer Gase) sollen ebenfalls Strömungsbeschleunigungen vermieden werden, aus diesem Grunde wird der Querschnitt des Ableitkanals mindestens gleich dem Gesamtquerschnitt des Entnahmeschlitzes bei einseitigem bzw. der 45 Entnahmeschlitz bei doppel-seitigem Sondenarm gehalten. So ist der Querschnitt des Ableitkanals auch an den größten Querschnitt des Strömungskanals anpaßbar und der Übergang der Strömung in den Ableitkanal erfolgt ohne wesentliche Störung. Dabei versteht es sich von selbst, daß strömungslenkende Maßnahmen bzw. Einbauten zur Verringerung der Umlenkverluste vorgesehen werden können.

Die im Ableitkanal strömende Luft (bzw. andere 55 Gase) wird zur näheren Untersuchung aus der Rohrleitung herausgeführt, dazu weist der Ableitkanal in einer gewissen Entfernung vom Sondenarm einen 90° Krümmer auf, dessen freies Ende durch die Wand der Leitung führt. Außerhalb können dann die entsprechenden 60 Analysengeräte angeordnet werden sowie die notwendigen Pumpen zur Probenentnahme sowie die die Entnahmegeschwindigkeit und die Entnahmemenge überwachenden Meßinstrumente. Da in vielen Fällen der von den Analyseninstrumenten benötigte Durchlaß an Probeluft 65 (bzw. Probegas) geringer ist als das was über eine derartige Schlitzsonde entnommen wird, ist eine weitere Probenentnahme vorteilhaft, wozu zweckmäßigerweise vor

dem Krümmer im Bereich wieder ausgebildeter und noch ungestörter Strömung im Ableitkanal eine den Querschnitt überdeckende zweite Entnahmesonde vorgesehen ist, durch die der Probenstrom weiter reduziert 5 wird. Hierbei ist es wegen der bei der Probenentnahme erfolgten Mischung hinreichend, wenn die zweite Entnahmesonde den Ableitkanal fest durchsetzt.

Das Wesen der Erfindung wird anhand der folgenden Fig. 1 bis 4 näher erläutert. Dabei zeigen

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine kreisförmige Leitung mit eingebauter zweiarmliger Meßsonde,

Fig. 2 eine einarmige Meßsonde, eingesetzt in einen Kanal größeren Querschnitts mit Einlaufdüse (Seitan-sicht),

Fig. 3 einarmige Sonde entsprechend Fig. 2, Ansicht in Anströmrichtung,

Fig. 4 Querschnitt durch den Probenahmearm.

In der Fig. 1 ist ein doppelseitiger Düsenarm 2 zentrisch in die Rohrleitung 1 eingebaut, wobei die Befestigung mit Hilfe der Streben 2.1 erfolgt. Der Sondenarm 2 ist dabei in dem Lager 8 drehbar gelagert, wobei der den Sondenarm 2 haltende Stutzen 5 als Sammel- und Ableitrohr ausgebildet sich eine gewisse Strecke in Richtung der Strömung erstreckt. In diesem Sammel- und Ableitrohr 5 können die entsprechenden Untersuchungen vorgenommen werden bzw. kann aus der Probe eine weitere Probe mit einer eingeführten Sonde 10 gezogen werden. Diese Sekundärsonde 10 ist im Bereich der Strömung mit einem Einströmschlitz 10.1 (oder äquivalenten über den Durchmesser verteilten Einströmöffnungen) versehen, durch die aus der im Sammel- und 20 Ableitrohr 5 strömenden Probeluft eine Probenentnahme erfolgt. Es versteht sich von selbst, daß die Sekundärsonde 10 über entsprechende Strömungs- und Mengenmesser und Pumpen geschaltet ist und daß die der Aufgabenstellung entsprechenden Analysengeräte vorgesehen werden. Die Entnahmesonde 2 ist zweiarmlig, wobei sich die beiden Arme diametral gegenüber stehen. Es versteht sich von selbst, daß auch drei- oder vierarmige Sonden möglich sind. Die Sondenarme sind mit einem im wesentlichen rechteckigen Sammelkanal 4 versehen, dessen Querschnitt zur Achse der Sonde hin zunimmt. Auf der Anströmseite befindet sich ein Einströmschlitz 7, der z.B. durch einfache Winkelprofile 6 45 gebildet ist, deren freie Schenkel die Begrenzungswände 7.1 des Entnahmeschlitzes bilden und deren zweite Schenkel mit dem Gehäuse des Strömungskanals 4 des Sondenarms 2 verbunden sind (Fig. 4).

Die im Lager 8 drehbar gelagerte Entnahmesonde 2 wird über die Welle 3 angetrieben (die ihrerseits nochmals mit einem — nicht näher bezeichneten — Lager abgefangen sein kann) in Drehung versetzt, wozu ein außerhalb der Strömung vorgesehener Antriebsmotor 3.1 über einen — nicht näher bezeichneten — Keilriementrieb für die Drehung der Entnahmesonde 2 sorgt. Es versteht sich von selbst, daß der Antrieb auch auf der rückwärtigen Seite vorgesehen sein kann, besonders dann, wenn im Bereich der Meßebeine die Strömung durch eine Einlaufdüse eingengt und auf kreisförmigen 60 Querschnitt gebracht wird.

Wie gestrichelt angedeutet kann auch zur genaueren Untersuchung der Sammel- und Ableitkanal 5 mit einem Krümmer 5.2 radial nach außen umgelenkt, mit einer nach außen geführten Probenahmeleitung 5.1 verbunden sein, die ihrerseits zu — nicht näher dargestellten — Analysengeräten, Strömungs- und Mengenmeßgeräten sowie zu einer Pumpe geführt wird. Durch das Einschalten einer Pumpe wird in diesem Fall der Strömungswi-

5

derstand der nach außen geführten Rohrleitung sowie der Strömungswiderstand der Analysengeräte (z.B. Filter bei Staubentnahmen) überwunden.

Die Fig. 2 und 3 zeigen den Einbau eines einarmigen Sondenarmes 2 in eine Rohrleitung, bei der der Strömungskanal nicht rund ist. Die abgebrochen dargestellte Außenwand 1', 12' begrenzt eine Seite des Kanals, die anderen Seiten werden durch entsprechende — nicht näher dargestellte — Außenwände begrenzt. In den Leitungszug ist eine Einlaufdüse 1.1 eingeflanscht, die einen kreisförmigen Querschnitt der Strömung im Austrittsquerschnitt erzwingt. Der Arm der Entnahmesonde 2 reicht bis mindestens zum Innendurchmesser der Einlaufdüse 1.1. Die durch die Düsen zusammengedrückte Strömung strömt gegen den Eintrittsschlitz 7, dessen beide seitliche Wände 7.1 entsprechend Fig. 4 die Schlitzweite begrenzen. Die entnommene Luft gelangt in den Sammelkanal 4 und in das Übergangsstück 4.1, von dem es in den Sammel- und Ableitkanal 5 übertritt. Um die einarmige Entnahmesonde 2 in Bezug auf die (strich-punktiert dargestellte) Drehachse zu entlasten ist ein Gegengewicht 9 vorgesehen, das an der Drehachse befestigt ist. Durch das von diesem Gegengewicht 9 gegebene Gegenmoment wird die Lagerung 8 (Fig. 1) entlastet. Der Antrieb erfolgt in beschriebener Weise über die Welle 3, wobei es sich von selbst versteht, daß der Antrieb auch abströmseitig angeordnet sein kann.

Patentansprüche

1. Schlitzsonde zur Entnahme von Proben aus in einer Leitung strömender Luft oder anderen Gasen, wobei die Strömung am Ort der Entnahme einen kreisförmigen Querschnitt aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß in der Leitung (1, 1') ein mindestens deren halben Durchmesser überdeckender Sondenarm (2) vorgesehen ist, der an einer zentral in der Leitung (1) angeordneten Welle (3) um 360° schwenkbar und von außen antreibbar angeordnet ist, wobei die Achse der Welle (3) mit der Achse der Leitung (1) zusammenfällt, daß der anströmseitige Teil des Sondenarms (2) einen Strömungskanal (4) bildet, der über einen Anschlußstutzen (4.1) mit einem Ableitkanal (5) verbunden ist und daß die zuströmseitige Frontseite (6) einen sich längs des Sondenarmes (2) erstreckenden Schlitz (7) aufweist.
2. Schlitzsonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sondenarm (2) als etwa den halben Durchmesser der Leitung (1) überdeckend ausgebildet ist und daß eine mit dem Sondenarm (2) fest verbundene, auf der anderen Seite der Welle (3) angeordnete, ein Gegenmoment erzeugende Masse (9) vorgesehen ist.
3. Schlitzsonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sondenarm (2) als den ganzen Durchmesser der Leitung (1) überdeckend ausgebildet ist, wobei die Achse der Welle (3) den Sondenarm (2) mittig durchsetzt.
4. Schlitzsonde nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Weite des Schlitzes (7) an jeder Stelle des Sondenarmes (2) kleiner ist als die Breite des Strömungskanals (4).
5. Schlitzsonde nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Weite des Schlitzes (7) in Abhängigkeit von der Entfernung von der Achse der Leitung (1) variiert.
6. Schlitzsonde nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt des

Strömungskanals (4) in jedem Querschnitt etwa dem Querschnitt des Teiles des Schlitzes (7) entspricht, der auf der der Welle (3) abgewandten Seite des Querschnittes liegt.

7. Schlitzsonde nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt des Ableitkanals (5) etwa gleich dem Gesamt-Querschnitt des Schlitzes (7) ist.

8. Schlitzsonde nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Ableitkanal (6) eine Sekundärsonde (10) vorgesehen ist, die über den Querschnitt des Ableitkanals (5) reichende oder verteilte Probenahmeöffnungen (10.1) aufweist, die mit einem Analysengerät verbindbar ist.

9. Schlitzsonde nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Ableitkanal (5) zumindest nahe dem Sondenarm (2) in Richtung der Achse (3) der Leitung (1) weist und vorzugsweise mit ihr zusammenfällt und daß eine mittels einer Drehdichtung (Labyrinth, Tauchdichtung o.dgl.) versehenes Gelenk (8) zwischen dem Anschlußstutzen (4.1) des Strömungskanals (4) und dem Ableitkanal (5) vorgesehen ist.

10. Schlitzsonde nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Ableitkanal (5) in Entfernung von dem Sondenarm (2) einen 90° Krümmer aufweist, dessen Abgangsrohr die Wand der Leitung (1) durchdringt und daß mit der die Probe absaugenden Pumpe verbindbar ist.

11. Schlitzsonde nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Krümmer (5.2) eine den ganzen Querschnitt überdeckende Entnahmesonde (10) mit über den gesamten Querschnitt reichende oder verteilte Entnahmeöffnungen (10.1) angeordnet ist, die mit einem Analysengerät verbindbar ist.

Nummer: 38 03 352
 Int. Cl. 4: G 01 N 1/22
 Anmeldetag: 5. Februar 1988
 Offenlegungstag: 17. August 1989

3803352

